

有機単結晶 P-N 接合界面における超高速キャリアダイナミクス計測

Ultrafast carrier dynamics at well-ordered organic P-N interfaces

筑波大数理¹, 高エネ研², 東理大院³ ○岩澤 証人¹, 福本 恵紀²,
鶴田 諒平³, 中山 泰生³, 佐々木 正洋¹, 山田 洋一¹

Tsukuba Univ.¹, KEK², Tokyo Univ. Sci.³ ○Masato Iwasawa¹, Keiki Fukumoto²,
Ryohei Tsuruta³, Yasuo Nakayama³, Masahiro Sasaki¹, Yoichi Yamada¹

E-mail: mstiws@gmail.com

緒言

高効率有機太陽電池の詳細なキャリアダイナミクスの理解には、よく規定された単結晶性の有機材料のモデル界面が必要となる。本研究では、超高真空中でも安定な Pn 単結晶表面にエピタキシャル成長した C₆₀を用いたモデル P-N 界面におけるキャリアの超高速ダイナミクスを時間分解光電子顕微鏡 (Time-resolved photoemission electron microscopy: TR-PEEM)を用いて計測し、界面における電荷分離の過程を捉えることができたので報告する。

実験

Pentacene 単結晶(Pen-SC)上に C₆₀を低速で真空蒸着し、エピタキシャル膜を作製した。この試料の表面構造計測には大気中 AFM を用いた。C₆₀/Pen-SC 界面のキャリアのダイナミクスは、光電子顕微鏡を検出器に用いたポンプ-プローブ法(TR-PEEM)により観測した。光源には、エネルギー可変型フェムト秒パルスレーザーを利用し、ポンプ光のエネルギーは、2.4eV に設定し、プローブ光は、2.4 eV から 4.8 eV のエネルギー域で可変とした。この時、光電子イメージを常に取得し、試料の帯電箇所の寄与をスペクトルから除外した。

結果

Fig.1(a, b)に Pen-SC 単体と C₆₀/Pen-SC のポンプ-プローブ測定の結果得られた光電子量の時間・エネルギー依存性を示す。Pen-SC 単体では、プローブ光のエネルギーが 4.3 eV を超えると急激に光電子強度が上昇した。4.3 eV は T₁の準位に相当することが報告されており、得られた信号は主に T₁からの光電子の信号であると考えられる。その光電子の減衰の時定数には 2 ps の早い減衰を示す成分と数 μ s 以上の遅い減衰を示す成分が存在した。

一方、C₆₀/Pen-SC では、C₆₀の LUMO に対応する 4.5 eV 以降で光電子強度の顕著な上昇が確認された。これは Pentacene 内で生成した励起子が P-N 界面での電荷分離を経て C₆₀の LUMO 準位へと移動する過程が観測されたと考えられる。また、得られたスペクトルのフィッティングにより C₆₀/Pen-SC 界面での電荷蓄積の時定数は 5 ps 程度であることがわかり、以前 SHG で報告されている値と同等であることがわかった。

このように、本研究では、TR-PEEM を用いたポンプ-プローブ分光において、低エネルギーのプローブ光を用いることや、顕微イメージングを用いて特異箇所を除くことなどの工夫により、絶縁性の高い有機半導体材料の励起子やキャリアのダイナミクスを直接観察することに成功した。

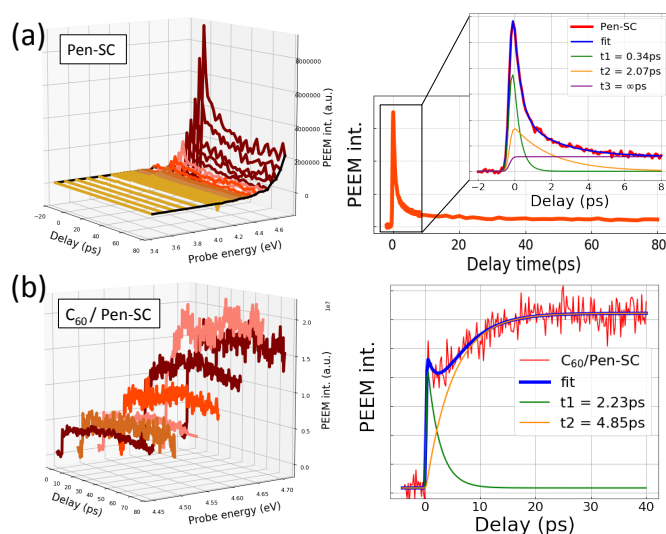


Fig.1 Energy and time resolved spectra of (a)Pen-SC and (b)C₆₀/Pen-SC